

**Adubação Fosfatada em Cultivares
de Milho sob Latossolo Vermelho
Distrófico da Mesorregião Sudeste
Paraense**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Oriental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 109

Adubação Fosfatada em Cultivares de Milho sob Latossolo Vermelho Distrófico da Mesorregião Sudeste Paraense

Carlos Alberto Costa Veloso
Arystides Resende Silva
Eduardo Jorge Maklouf Carvalho
Austrelino Silveira Filho
Francisco Ronaldo Sarmanho de Souza

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.
CEP 66095-903 – Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000
Fax: (91) 3276-9845
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Silvio Brienza Júnior*
Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*
Membros: *Orlando dos Santos Watrin*
Eniel David Cruz
Sheila de Souza Correa de Melo
Regina Alves Rodrigues

Supervisão editorial e revisão de texto: *Narjara de F. G. da Silva Pastana*
Normalização bibliográfica: *Andréa Liliâne Pereira da Silva*
Tratamento de imagens: *Vitor Trindade Lôbo*
Editoração eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*
Foto da capa: *Carlos Veloso*

1ª edição

Publicação digitalizada (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amazônia Oriental

Adubação fosfatada em cultivares de milho sob Latossolo Vermelho distrófico da Mesorregião Sudeste Paraense / Carlos Alberto Costa Veloso ... [et al.]. – Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

24 p. : il. ; 15 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 109).

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>>

1. Milho. 2. Adubação. 3. Nutrição vegetal. 4. Latossolo vermelho. I. Veloso, Carlos Alberto da Costa. II. Série.

CDD (21. ed.) 633.158115

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	7
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões.....	20
Referências.....	21

Adubação Fosfatada em Cultivares de Milho sob Latossolo Vermelho Distrófico da Mesorregião Sudeste Paraense

Carlos Alberto Costa Veloso¹

Arystides Resende Silva²

Eduardo Jorge Maklouf Carvalho³

Austrelino Silveira Filho⁴

Francisco Ronaldo Sarmanho de Souza⁵

Resumo

No Estado do Pará, as condições edafoclimáticas não apresentam limitações ao desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays*), entretanto, diferenças entre cultivares quanto à capacidade de crescimento em solo com deficiência de fósforo (P) podem indicar a presença de variabilidade genética na cultura para maior eficiência no aproveitamento do nutriente. Objetivou-se com este estudo verificar o efeito de aplicações de P sobre a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), bem como a concentração de macronutrientes em quatro híbridos de milho. O experimento foi realizado em casa de vegetação com Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 4×5 , utilizando quatro híbridos de milho

¹Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

²Engenheiro florestal, doutor em Solos e Nutrição de Planta, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

³Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Planta, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

⁴Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

⁵Engenheiro-agrônomo, mestre em Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

recomendados para o Estado do Pará (Sol da Manhã, Agrocere-AG4051, BR-5102 e BR-5107) e cinco doses de P (0 mg kg⁻¹, 100 mg kg⁻¹, 150 mg kg⁻¹, 200 mg kg⁻¹ e 250 mg kg⁻¹ de P na forma de superfosfato triplo, 45% de P₂O₅), com quatro repetições. A aplicação do corretivo, sob a forma de reagentes puros [carbonato de cálcio (CaCO₃) e carbonato de magnésio (MgCO₃)], foi realizada 60 dias antes do plantio e os nutrientes foram aplicados na forma de solução. A colheita do experimento foi realizada 45 dias após o plantio. Os resultados demonstraram que o efeito da adição de P no solo manifestou-se mais sobre a parte aérea da planta do que sobre o sistema radicular. A elevação dos teores de P na planta aumentou a MSPA, enquanto a elevação dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) acarretaram em redução. A variedade BR-5107 apresenta maiores taxas de absorção e utilização de P para a produção de MSPA da planta do que as demais variedades de milho.

Termos para indexação: *Zea mays*, fertilizante, matéria seca.

Phosphorus Fertilization of Corn Cultivars in Dystrophic Red Latosol in Southeast Pará Mesoregion

Abstract

In the State of Pará, Brazil, edaphoclimatic conditions do not present limitations to the development of corn crop, however, differences between cultivars related to growth capacity in soil with phosphorus (P) deficiency may indicate genetic variability in the crops for more efficient nutrient utilization. The aim of the study was to evaluate the effect of P application on shoot dry weight (SDW) yield and macronutrients concentration in four corn hybrids in an experiment conducted under greenhouse conditions with dystrophic Red Latosol. The experimental design was randomized blocks in a factorial 4 x 5 using four corn hybrids recommended for the State of Pará (Sol da Manhã, Agrocères-AG4051, BR-5102 and BR-5107) and five P rates (0 mg kg⁻¹, 100 mg kg⁻¹, 150 mg kg⁻¹, 200 mg kg⁻¹ and 250 mg kg⁻¹ P in the form of triple superphosphate 45% P₂O₅), with four replications. The application of soil corrective in the form of pure reagents [calcium carbonate (CaCO₃) and magnesium carbonate (MgCO₃)] was performed 60 days prior to planting and nutrients were applied in solution form. The harvest of the experiment was performed 45 days after planting. The results demonstrated that the effect of P addition is greater on the aboveground plant than on the root system. The elevation of P content

in plant increased SDW, while the elevation of calcium and magnesium resulted in reduction. BR-5107 range showed higher rates of uptake and P utilization for SDW yield than the other maize varieties.

Index terms: *Zea mays*, fertilizer, dry matter.

Introdução

A cultura do milho (*Zea mays* L.) possui grande participação no cenário mundial de produção de grãos, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, com 7,5% de participação, ficando atrás da China e dos Estados Unidos (REUNIÃO..., 2013). No Brasil, estima-se 15,1 milhões de hectares plantados e 79 milhões de toneladas de produção de grãos (ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA, 2015). O cultivo é uma excelente atividade para o produtor rural na obtenção da renda agrícola, no abastecimento de matéria-prima para agroindústria e na alimentação humana e animal, entrando como componente básico (SANTOS et al., 2010).

Contudo, algumas restrições impostas ao cultivo, tais como pragas, doenças, clima adverso e solos impróprios para o plantio, fazem com que a produção seja afetada. O solo é uma das limitações que mais prejudica a produção, visto que os localizados na região dos trópicos possuem, na maior parte, grande carência na disponibilização de nutrientes, em especial o fósforo (P) (MOREIRA et al., 2014; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011). Isto ocorre em razão da acidez natural, que provoca a fixação deste elemento ao solo (TORQUATO et al., 2011).

No Estado do Pará, as condições edafoclimáticas não apresentam limitações ao desenvolvimento da cultura do milho, entretanto, diferenças entre cultivares quanto à capacidade de crescimento em solo com deficiência de P, influenciando a absorção e utilização deste nutriente ocasionada pela reação à adubação fosfatada, podem indicar a presença de variabilidade genética na cultura para maior eficiência no aproveitamento do nutriente (SOUSA et al., 2010). Essas cultivares, quando utilizadas de forma adequada em programas de melhoramento genético, poderão representar economia no consumo de P para a cultura do milho no Brasil (CUNHA et al., 2011).

Na maioria dos solos do Estado do Pará, com predominância de Latossolos e Argissolos, o P é um dos nutrientes que mais limita a produtividade desta cultura. Dentre os macronutrientes, o P é o menos exigido em quantidade pela planta, porém, normalmente

são recomendadas doses mais altas, em razão da baixa eficiência de aproveitamento, decorrente da alta capacidade de adsorção do P adicionado ao solo, que diminui sua disponibilidade às culturas (BASTOS et al., 2010).

O P é um nutriente essencial para a nutrição das plantas. Em condições de elevada acidez do solo, a disponibilidade para as plantas pode diminuir em razão de sua fixação por reações de adsorção e precipitação por alumínio (Al^{3+}) e ferro (Fe^{2+}). Dessa forma, é indispensável a adição de P ao solo para obter altas produções de forragem ou de grãos (FRANCHINI et al., 2011; NUNES et al., 2011).

Para suprir adequadamente a planta, deve-se dar importância ao histórico de cultivo da área, ao sistema de manejo e tipo de solo e às condições edafoclimáticas da região (CONDON; NEWMAN, 2011; CUBILLA et al., 2012; GATIBONI et al., 2013). A partir dessas informações, pode-se conhecer as quantidades absorvidas e exportadas de nutrientes pela cultura, a fim de não acarretar o aparecimento de fator limitante por falta ou por desequilíbrio nutricional. Se a fertilidade do solo estiver em nível satisfatório, essa informação estabelecerá uma adubação que possibilite manter estável o rendimento ao longo dos cultivos (COSTA et al., 2010; SOUZA et al., 2010).

Diante dessas considerações, objetivou-se com este trabalho estudar o efeito de aplicações de P sobre produção de matéria seca, bem como sobre a concentração de macronutrientes em quatro híbridos de milho.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de agosto a novembro de 2014, em condições de casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental, Município de Belém, PA (altitude de 15 m a $01^{\circ}27'21''$ LS e $48^{\circ}30'16''$ LW). O clima da região é do tipo Af pela classificação de Köppen e Geiger. A precipitação média anual é de 2.537 mm. A temperatura média anual varia entre $26,4^{\circ}\text{C}$ e $27,2^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar apresenta média anual de 98%.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial 4×5 , utilizando quatro híbridos de milho (Sol da Manhã, Agrocere-AG4051, BR-5102 e BR-5107) e cinco doses de P (0 mg kg⁻¹, 100 mg kg⁻¹, 150 mg kg⁻¹, 200 mg kg⁻¹ e 250 mg kg⁻¹ de P) na forma de superfosfato triplo (40% de P₂O₅). O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa, coletado em área sob floresta, no Município de Redenção, PA, na profundidade de 0 cm a 20 cm. Os atributos químicos e granulométricos do solo estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico do Município de Redenção, PA, em 2014⁽¹⁾.

pH (H ₂ O)	M.O.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
	g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c dm ⁻³					g kg ⁻¹			
4,6	27,5	1,0	4,0	2,0	0,8	4,0	6,2	170,0	70,0	180,0	580,0

⁽¹⁾Análises realizadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental.

Para elevar o índice de saturação por base (V) a 70%, fez-se calagem com CaCO₃ e MgCO₃ na proporção de 3:1, 60 dias antes da aplicação dos tratamentos, seguindo recomendação técnica para milho em solos cujo V é inferior a 60% (RAIJ, 1991).

O solo recebeu adubação básica nas seguintes doses (mg kg⁻¹): 200 de nitrogênio (N), na forma de ureia (40% de N); 150 de potássio (K), na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O); 48 de enxofre (S), na forma sulfato de amônio (20% de N e 12% de S); 0,5 de boro (B) na forma de ácido bórico (18% de B); 1,5 de cobre (Cu) na forma de sulfato de cobre; 1,5 de manganês (Mn) na forma de sulfato de manganês; e 5,0 de zinco (Zn) na forma de sulfato de zinco (ZnSO₄). Essas doses foram adaptadas de Malavolta (1980) para experimentos conduzidos em condições de casa de vegetação.

A aplicação dos nutrientes foi feita com solução nutritiva, após o estabelecimento das plantas, à exceção do P, que foi previamente incorporado ao solo. A aplicação de N e K foi feita parceladamente em três doses iguais: aos 10, 20 e 40 dias após o plantio. Os demais nutrientes e micronutrientes foram aplicados uma única vez antes do plantio. A irrigação foi feita diariamente, utilizando-se água destilada e mantendo-se o teor de umidade próximo da capacidade de campo (70% do volume total de poros).

A colheita das plantas foi realizada 45 dias após o plantio. Após o corte, separou-se a parte aérea e esta foi levada para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, onde permaneceu até atingir peso constante. As raízes foram devidamente lavadas para separá-las das partículas de solo, sendo também posteriormente secas em estufa. O material vegetal foi pesado, moído em moinho tipo Willey com peneira de 20 malhas e acondicionado em saquinhos de papel para análise dos teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S, seguindo-se os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

A determinação do N foi feita utilizando-se a digestão sulfúrica de 200 mg de massa seca, com destilação em aparelho Micro-kjeldahl e titulação com ácido sulfúrico H_2SO_4 0,02N. As determinações dos teores de P, K, Ca, Mg e S foram obtidas por meio de digestão nítrico-perclórica e posterior determinação no extrato. P foi obtido por colorimetria de molibdato-vanadato; K, por fotometria de chama; Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; S, por turbidimetria de sulfato de bário, conforme Malavolta et al. (1997).

A partir dos valores de produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e da altura das plantas, bem como dos teores de nutrientes na parte aérea, os dados foram submetidos à análise estatística [Análise de variância (Anova) e teste F], utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS, 2002) e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 1% e 5% de probabilidade. Efetuou-se análise de correlação e regressão, para todas as variáveis estudadas, em função das doses de P.

Resultados e Discussão

A análise da variância evidenciou efeito significativo ($p \leq 0,05$) para os tratamentos híbridos de milho (H) sobre a altura das plantas e MSPA. Enquanto para doses de P, houve efeito na altura das plantas, MSPA e raízes. A interação entre híbridos e doses de $H \times P$ revelou efeito significativo apenas sobre a produção de MSPA (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância para efeitos de cinco doses de fósforo sobre a altura de plantas (cm), matéria seca da parte aérea e das raízes (g vaso⁻¹) de quatro híbridos de milho.

F.V	G.L.	Altura de Plantas		M.S. Parte Aérea		M.S. Raízes	
		QM	F	QM	F	QM	F
Híbridos (H)	3	910,6	6,7**	18,2	3,8*	0,4	0,5 ^{ns}
Doses fósforo (P)	4	3.240,1	23,7**	92,9	19,2**	6,5	7,2**
H x P	12	235,6	1,7 ^{ns}	10,8	2,2*	1,3	1,5 ^{ns}
Resíduo	19	136,8	-	4,9	-	0,9	-
C.V.		6,4		8,5		7,2	
Média		93,10		6,85		2,22	

^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

* e ** significativo ($p < 0,05$) e altamente significativo ($p < 0,01$) pelo teste de Tukey, respectivamente.

A significância da interação $H \times P$ para MSPA indica reação diferenciada de híbridos de milho ao P em solo sob condições de acidez corrigida. Este efeito também foi observado por Albuquerque et al. (2008) e Hirzel e Undurraga (2013) com genótipos de milho. Os dados de produção de MSPA e das raízes (g vaso⁻¹) e altura das plantas (cm), apresentados na Tabela 3, demonstraram que a adubação fosfatada, independentemente da cultivar, apresentou maior incremento na produção de MSPA (48%), seguida da interação $P \times$ híbridos (14%) e híbridos (3,5%).

Tabela 3. Valores médios de altura de plantas, matéria seca da parte aérea e das raízes de quatro híbridos de milho, em função de cinco doses de adubação fosfatada, ordenados segundo o teste de Tukey e ajustados segundo o modelo de regressão.

Altura de plantas (cm)						
Doses de fósforo (mg kg ⁻¹)						
Híbridos	0	100	150	200	250	Média
AG-4051	67,7 a	104,0 a	102,7 a	101,3 ac	93,0 ac	93,7 a
Sol-Manhã	67,3 a	79,7 b	83,3 b	88,7 bc	90,3 bc	81,8 b
BR-5102	66,3 a	101,7 a	111,0 a	100,0 ac	112,0 a	98,2 a
BR-5107	53,7 a	113,3 a	110,3 a	114,0 a	101,3 ac	98,5 a
Média	63,8	99,7	101,8	101,0	99,17	93,1
Matéria seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)						
Doses de fósforo (mg kg ⁻¹)						
Híbridos	0	100	150	200	250	Média
AG-4051	2,0 a	6,7 a	5,0 a	10,7 a	8,0 a	6,5 a
Sol-Manhã	3,3 a	3,3 a	5,3 a	6,0 a	9,3 a	5,5 a
BR-5102	2,3 a	6,0 a	10,0 a	6,7 a	12,0 a	7,4 a
BR-5107	2,0 a	9,3 a	9,3 a	9,3 a	10,0 a	8,0 a
Média	2,4	6,3	7,5	8,2	9,8	6,9
Matéria seca da raiz (g vaso ⁻¹)						
Doses de fósforo (mg kg ⁻¹)						
Híbridos	0	100	150	200	250	Média
AG-4051	0,7 a	2,8 a	2,3 a	3,1 a	1,9 bc	2,2 a
Sol-Manhã	1,7 a	1,9 a	2,0 a	2,7 a	3,3 a	2,3 a
BR-5102	0,7 a	1,6 a	3,1 a	1,8 a	2,9 ac	2,0 a
BR-5107	0,6 a	3,5 a	2,2 a	2,8 a	3,0 ac	2,4 a
Média	0,9	2,4	2,4	2,6	2,8	2,2

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

As doses de P propiciaram também diferenças significativas na produção de MSPA, com a dose de 250 mg kg^{-1} de P apresentando os melhores resultados com os híbridos BR-5107 e BR-5102. Esses resultados corroboram Souza et al. (1999) com relação ao desempenho destes híbridos.

A adubação fosfatada aumentou significativamente a produção de MSPA, a altura das plantas de milho e os teores de P no solo e nas folhas (Tabela 3), por serem as plantas de milho sensíveis a baixos teores desse nutriente no solo. Resultados semelhantes foram observados por Lana et al. (2014), no estudo em que avaliaram o índice de eficiência agrônômica (IEA) de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho, e aos de Silva et al. (2014), ao avaliarem a cultura do milho em resposta à adubação com P e N. A máxima produção de MSPA de milho esteve associada a concentrações de P no solo, de acordo com cada híbrido (Figura 1), sendo mais evidente nos híbridos BR-5107 e AG-4051.

Observou-se, na Tabela 3, que os rendimentos de MSPA, MSR e altura das plantas de milho foram crescentes à medida que se elevou a quantidade de P adicionado, em todos os híbridos de milho. A diferença de comportamento entre as variedades em relação à adição de P pode ser comprovada pela Figura 2, na qual se verifica que os híbridos Sol da Manhã e BR-5107 apresentaram resposta quadrática em relação às doses de P.

As diferenças de resposta às doses de P entre os híbridos AG-4051 e BR-5107 acompanharam uma equação polinomial de segundo grau, sendo o seu ponto de máxima estimado situado na dose de 150 mg kg^{-1} de P, enquanto os híbridos Sol da Manhã e BR-5102 apresentaram crescimento linear, com o ponto de máxima na maior dose de P aplicada (Tabela 3). O peso da MSR e MSPA não apresentou significância na dose de 250 mg kg^{-1} de P entre todos os híbridos estudados (Tabela 3 e Figura 3).

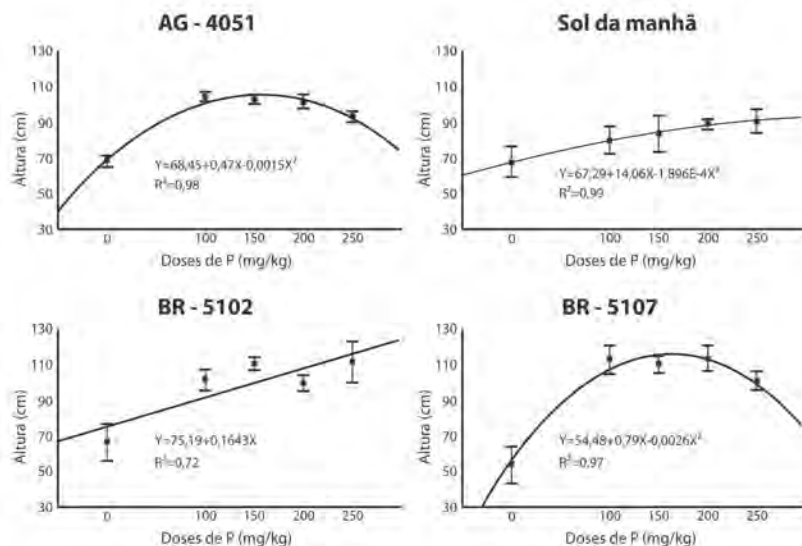


Figura 1. Ajustes dos modelos de regressão linear entre cinco doses de P (mg kg^{-1}) e os valores médios de altura (cm), em função de quatro híbridos de milho.

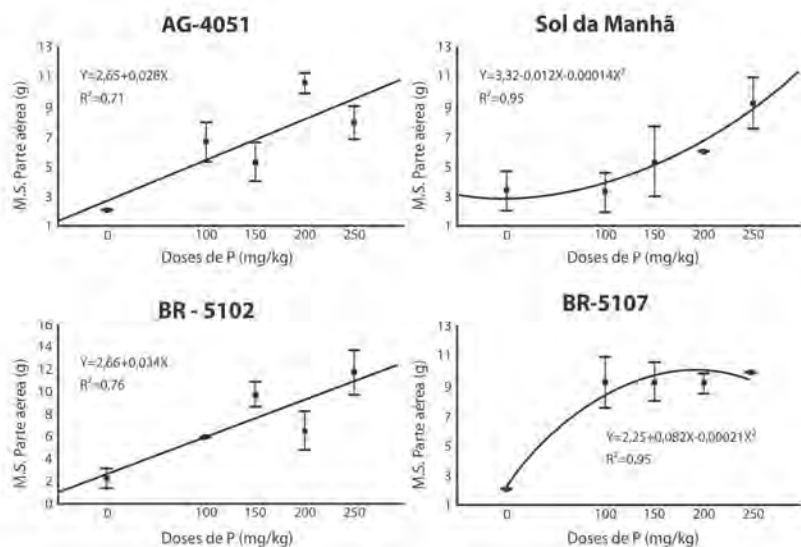


Figura 2. Ajustes dos modelos de regressão linear entre cinco doses de P (mg kg^{-1}) e os valores médios de matéria seca da parte aérea (g), em função de quatro híbridos de milho.

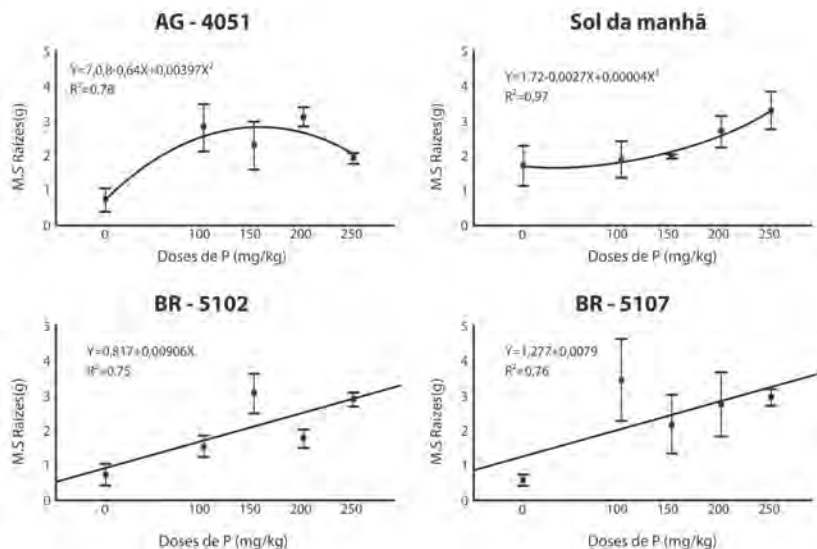


Figura 3. Ajustes dos modelos de regressão linear entre cinco doses de P (mg kg^{-1}) e os valores médios de matéria seca das raízes (g), em função de quatro híbridos de milho.

As variáveis determinadas na parte aérea estiveram mais correlacionadas com doses e teores de P no solo, quando comparados com o peso da MSR. Observou-se que houve correlação positiva entre as variáveis altura, MSPA e MSR (Tabela 4) e também correlação positiva entre os teores foliares de P e correlação negativa para os teores de Mg e Ca encontrados na parte aérea das plantas com a MSPA e MSR (Figuras 4 e 5).

Scaramuzza et al. (2011), ao avaliarem a resposta da soja (*Glycine max* L.) a fertilizantes fosfatados, observaram efeito positivo na produção de MSPA. Efeitos semelhantes foram observados por Souza et al. (2011) e Moreira et al. (2014), que indicaram respostas positivas de genótipos de milho à adubação fosfatada. Esses resultados mostram que os híbridos de milho diferem em suas respostas à aplicação de P, indicando a necessidade de diferentes recomendações de adubação fosfatada no mesmo solo para diferentes híbridos.

Tabela 4. Matriz de correlação linear para altura das plantas, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e teores dos macronutrientes.

Variáveis	Altura das Plantas	M.S. P. Aérea	M.S. Raízes	N	P	K	S	Mg	Ca
Altura de plantas	—	*	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	*
M. S. Parte aérea	0,86	—	*	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	*
M. S. Raízes	0,78	0,85	—	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N	0,12	0,14	0,28	—	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
P	0,20	0,53	0,45	0,27	—	n.s.	n.s.	n.s.	*
K	0,08	0,23	0,30	0,02	0,25	—	n.s.	n.s.	n.s.
S	-0,25	-0,33	-0,31	-0,11	0,00	-0,01	—	n.s.	*
Mg	-0,61	-0,59	-0,43	-0,46	-0,40	0,04	0,36	—	*
Ca	-0,46	-0,60	-0,44	-0,43	-0,60	0,06	0,48	0,84	—

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, correlação de Pearson.

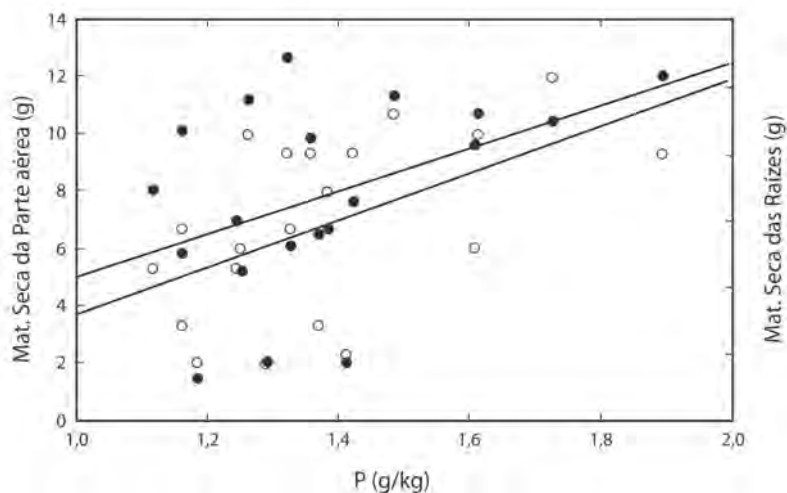


Figura 4. Relação entre os valores médios das concentrações de P (g kg^{-1}) com as médias de matéria seca da parte aérea e das raízes de quatro híbridos de milho.

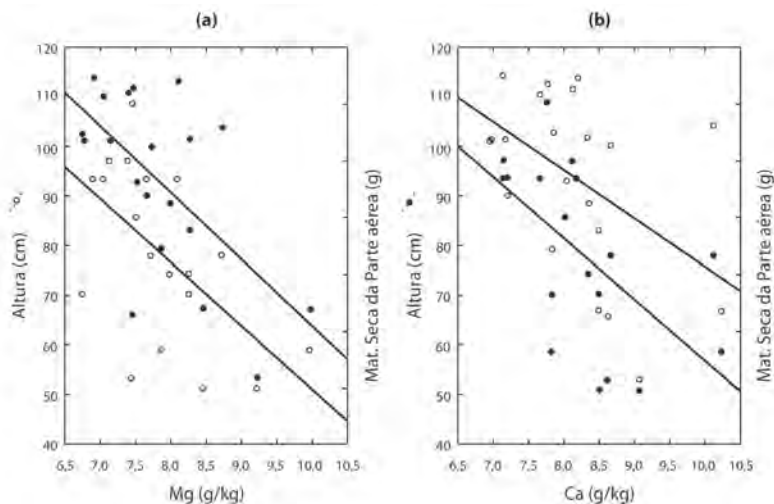


Figura 5. Relação entre os valores médios das concentrações (g kg^{-1}) de (a) Mg e (b) Ca na matéria seca da parte aérea com as médias de altura (cm) de quatro híbridos de milho.

Conclusões

O efeito da adição de P no solo manifesta mais intensamente sobre a parte aérea da planta do que no sistema radicular.

A elevação dos teores de P na planta assinala incremento na matéria seca, enquanto a elevação dos teores de Ca e Mg nas plantas de milho assinala redução na matéria seca.

O híbrido BR-5107 apresenta, em média, maiores taxas de absorção e utilização de fósforo para a produção de matéria seca da parte aérea da planta do que os demais híbridos de milho.

Referências

ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: GRÃOS, v. 2, n. 7, abr. 2015.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. von; BORGES, I. D.; SOUZA FILHO, A. X.; FIORINI, I. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho verde. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 768-775, jun. 2008.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; OLIVEIRA, F. A.; ALBUQUERQUE, A. W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 485-491, maio 2010.

CONDRON, L. M.; NEWMAN, S. Revisiting the fundamentals of phosphorus fractionation of sediments and soils. **Journal of Soils and Sediments**, v. 11, n. 5, p. 830-840, July 2011.

COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; VIEIRA, F. C. B.; MARTINS, A. P.; FERREIRA, E. V. O. Patterns in phosphorus and corn root distribution and yield in long-term tillage systems with fertilizer application. **Soil & Tillage Research**, v. 109, n. 1, p. 41-49, July 2010.

CUBILLA, M. M.; WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; MILNECZUCK, J. **Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girassol. Bajo el sistema de siembra directa em el Paraguay**. Asunción: CAPECO, 2012. 81 p.

CUNHA, F. J.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 1988 a 2010. **Informações Agrônômicas**, n. 135, p. 1-7, set. 2011.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 52 p. (Embrapa Soja. Documentos, 327).

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Fracionamento químico das formas de fósforo no solo: usos e limitações. In: ARAÚJO, A. P.; ALVES, B. J. R. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. v. 8, p.141-187.

HIRZEL, J.; UNDURRAGA, P. Nutritional management of cereals cropped under irrigation conditions. **Crop Production**, v. 3, n. 12, p. 99-130, 2013.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em Latossolo Vermelho eutroférico. **Global Scientia and Technology**, v. 7, n. 1, p. 26-36, jan./abr. 2014.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MOREIRA, A.; SFREDO, G. J.; MORAES, L. A. C.; FAGERIA, N. K. Agronomic efficiency of two types of lime and phosphate fertilizer sources in Brazilian Cerrado soils cultivated with soybeans. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 45, n. 17, p. 2319-2330, 2014.

NUNES, R. S.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 3, p. 877-888, maio/jun. 2011.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; PROCHNOW, L. I.; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 3, p. 376-385, maio/jun. 2011.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafos, 1991. 343 p.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 58.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO SORGO, 41., 2013, Pelotas. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2013/2014 e 2014/2015**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 124 p. Editores técnicos Beatriz Marti Emygdio, Ana Paula Schneid Afonso da Rosa, Mauro Cesar Celaro Teixeira.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; AZEVÊDO, J. A. G.; MORAES, S. A. de; COSTA, C. T. F. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system user's guide** – SAS. Version 9.0. Cary, 2002.

SCARAMUZZA, J. F.; CHIG, L. A.; CASONATTO, R. Efeito de fertilizante organomineral comparado a diferentes fontes de fósforo em soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. **Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas: anais**. [Uberlândia]: SBSC: UFU, ICIAG, 2011.

SILVA, G. F.; OLIVEIRA, F. H. T.; PEREIRA, R. G.; DIÓGENES, T. B. A.; NOVO JÚNIOR, J.; SOUZA FILHO, A. L. Doses de nitrogênio e de fósforo recomendadas para produção econômica de milho verde em Mossoró-RN. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 471-485, 2014.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; NUNES, R. S. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: INPI, 2010. v. 2, p. 67-132.

SOUZA, C. H. E.; MACHADO, V. J.; PRADA NETO, I.; BENEDETTI, T. C.; LANA, R. M. Q. Extratores para fósforo disponível em Latossolos e eficiência de fontes fosfatadas para milho cultivado em vaso. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 1, p. 38-46, 2011.

SOUZA, F. R. S.; VELOSO, C. A. C.; POLTRONIERI, L. S.; ARAÚJO, S. M. B.

Recomendações básicas para o cultivo do milho no Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 20 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular técnica, 2).

TORQUATO, J. P.; AQUINO, B. F.; SOUSA, G. G.; GUIMARÃES, F. V. A.; ANJOS, D. C. Teores de Ca, K, Mg e P na cultura do feijão caupi sob diferentes doses de fósforo.

Agropecuária Técnica, v. 32, n. 1, p. 79-87, 2011.



Amazônia Oriental

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 13182